

⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3049583 A1

⑩ Int. Cl. 3:  
G 09 B 23/32

⑩ Anmelder:  
Obermayer, Anton, Dipl.-Ing., 7954 Bad Wurzach, DE

⑩ Erfinder:  
Antrag auf Nichtnennung

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑩ Atmungssimulator für die technische Ausbildung von Ärzten, Schwestern und Pflegepersonal

DE 3049583 A1

DE 3049583 A1

A n s p r ü c h e

1. Atmungssimulator für die technische Ausbildung von Ärzten, Schwestern und Pflegepersonal, insbesondere an Beatmungsgeräten und im Anästhesiebereich, gekennzeichnet durch einen Intubationstrainer (1) mit künstlicher Luftröhre und Bronchialansätzen (2, 3), einem mit dem Intubationstrainer (1) verbundenen, wahlweise antreibbaren Lungensimulator (4), einem Bedienungspult (5) mit Vakuum- (7), Druckluft- (8), O<sub>2</sub>- (9), N<sub>2</sub>O- (10), Gaseingangsstufen und einem Stromanschluß (11'), sowie wahlweise einstellbare und abstellbare Vakuum- (12), Druckluft- (13), O<sub>2</sub>- (14), N<sub>2</sub>O- (15), Strom- (11")-Ausgänge für einen anschaltbaren Respirator (16) sowie durch Steuermittel zur Einstellung des Atemhubvolumens (17), der Atemfrequenz (18) und des Verhältnisses Inspirations- zu Expirationszeit (35, 36).
2. Atmungssimulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lungensimulator (4) zwei Beatmungsbälge (21, 22) aufweist, die mittels einer, auf einem elastischen Auflager (25) aufliegenden Traverse (23) an einer Führungsstange (26) geführt sind, daß ein einstellbarer Antrieb (24) für die Führungsstange (26) vorgesehen ist, an deren Ende (32) ein mit der Traverse (23) über Federn (28, 29) verbundener Bügel (27) befestigt ist und daß Einstellmittel (30, 31, 32) für die Federspannung an der Führungsstange (26) angeordnet sind.
3. Atmungssimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß den Beatmungsbälgen (21, 22) voneinander unabhängig betätigbare Zylinder-Kolben-Anordnungen (24L, 24R) zugeordnet sind, deren Kolben wahlweise in Ösen (21A bzw. 22A) der Beatmungsbälge (21, 22) eingreifen.
4. Atmungssimulator nach Anspruch 2 oder 3, gekennzeichnet durch ein Umsteuermittel (34) für die Bewegungsrichtung des Antriebsmittels (24) für die Führungsstange (26) des Lungensimulators (4).

ORIGINAL INSPECTED

5. Atmungssimulator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Umschaltung des Umsteuermittels (34) Vorwahlschalter für ein Inspirationszeitglied (35) und ein Expirationszeitglied (36) dienen.

6. Atmungssimulator nach Anspruch 4 oder 5, gekennzeichnet durch im Bewegungsweg der Führungsstange (26) frei verstellbar angeordnete Endabschalter (37, 38) zur Umschaltung des Umsteuermittels (34).

7. Atmungssimulator nach Anspruch 2 oder folgenden, gekennzeichnet durch wahlweise einstellbare Drosselelemente (39, 40) zur wahlweisen Einstellung der Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit der Führungsstange (26).

8. Atmungssimulator nach Anspruch 1 oder folgenden, gekennzeichnet durch ein im Intubationstrainer (1) angeordnetes, einseitig wirkendes Betätigungs element (41) mit einem an einem wahlweise verschiebbaren Element (42) angeordneten Dorn (43) zur Beschädigung oder Zerstörung einer Blockermanschette eines in den Intubationstrainer (1) eingeführten und fixierten Endotrachealtubus (45).

9. Atmungssimulator nach Anspruch 1 oder folgenden, gekennzeichnet durch eine am Bronchialansatz (2, 3) des Intubationstrainers (1) angeordnete Kanüle (46), die mit einer, ein künstliches Sekret aufnehmenden, Spritze (47) verbunden ist und ein wahlweise auslösbares Betätigungs element (48) für die Spritze (47) zum schnellen Auspressen des Sekretes von der Spritze (47) in die Trachea im Intubationstrainer (1).

10. Atmungssimulator nach Anspruch 1 oder folgenden, gekennzeichnet, daß zur stufenlosen Veränderung des Atemwegwiderstandes am Verbindungsschlauch (50) zwischen den Bronchialästen (2, 3) des Intubationstrainers (1) und den Beatmungs-

bälgen (21, 22) wahlweise betätigbare Ventilanordnungen (51) und Drosseln vorgesehen sind.

11. Atmungssimulator nach Anspruch 1 oder folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß zur Nachbildung der CO<sub>2</sub>-Produktion bzw. CO<sub>2</sub>-Anreicherung in der Exspirationsluft eine CO<sub>2</sub>-Eingangsanordnung (42) vorgesehen ist.

12. Atmungssimulator nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine CO<sub>2</sub>-Druckgasflasche (53) über ein Druckreduzierventil (54) und einem Durchflußmesser (55) sowie ein einstellbares Ventil (56) mit den beiden Beatmungsbälgen (21, 22) verbunden ist.

13. Atmungssimulator nach Anspruch 1 oder folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß als Steuermittel pneumatische Wegeventile und als Stellmittel Zylinder-Kolbenanordnungen dienen.

14. Atmungssimulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß als Steuermittel elektrische Schalter und als Stellmittel elektrische Servo- bzw. Schrittmotoren dienen.

15. Atmungssimulator nach Anspruch 1 oder folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß in den Bronchialästen (2, 3) des Intubationstrainers (1) Drucksensoren (57) zur Messung des Atemdruckverlaufes angeordnet sind.

16. Atmungssimulator nach Anspruch 1 oder folgenden, gekennzeichnet durch Sensoren (58) zur Abnahme der Werte der Atmungsparameter, wie des Atemvolumens und der Atemfrequenz, und zur Wiedergabe der Atmungsparameter auf einem Anzeigegerät (59).

- 4
17. Atmungssimulator nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß als Anzeigegerät für die Atmungsparameter ein Monitor dient.
18. Atmungssimulator nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch einen Kurvenschreiber zur Aufzeichnung der Atmungsparameter.
19. Atmungssimulator nach Anspruch 1 oder folgenden, gekennzeichnet durch im Intubationstrainer (1) angeordnete, in Abhängigkeit von den Atmungsparametern gesteuerte Heizelemente (60) zur Nachbildung der Hauttemperatur.
20. Atmungssimulator nach Anspruch 1 oder folgenden, gekennzeichnet durch im Intubationstrainer (1) angeordnete, in Abhängigkeit von den Atmungsparametern einschaltbare und in ihrer Helligkeit gesteuerte Blaulichtlampen (62).
21. Atmungssimulator nach Anspruch 1 oder folgenden, gekennzeichnet durch im Stirnbereich des Intubationstrainers (1) angeordnete, mit einem Flüssigkeitsbehälter (65) verbundene und wahlweise mit Flüssigkeit speisbare, an der Oberfläche des Intubationstrainers (1) endende Kanäle (64) zur Nachbildung der Feuchtigkeitsausscheidung.

5  
PATENTANWÄLTE

3049583

DIPL.-ING. H. STEHMANN\* DIPL.-PHYS. DR. K. SCHWEINER\*\*

D-8500 NÜRNBERG 70 ESSENWEINSTRASSE 4-6 TELEFON 0911/2037270 TELEX 06/23135

Nürnberg, 30.12.1980  
17/62

Dipl.-Ing. Anton Obermayer, Parkstr. 4, 7954 Bad Wurzach

"Atmungssimulator für die technische Ausbildung von Ärzten,  
Schwestern und Pflegepersonal"

---

Die Erfindung betrifft einen Atmungssimulator für die technische Ausbildung von Ärzten, Schwestern und Pflegepersonal, insbesondere an Beatmungsgeräten und im Anaesthesiebereich.

Neben einer Vielzahl von Übungspuppen, zur Ausbildung in Erster Hilfe, Wiederbelebung und Herzdruckmassage, sind für den Anaesthesiebereich nur einfache Geräte bekannt, wie beispielsweise ein zweiflügeliger Demonstrationsthorax, bei dem ein wahlweiser Betrieb einzelner oder beider Lungenflügel vorgesehen ist und bei dem eine stufenweise Einstellung der Compliance (Elastizität der Lunge) und der Resistance (Atemwegswiderstand) möglich ist. Ferner sind sogenannte Intubations-trainer (Puppen) bekannt, an denen die ordnungsgemäße Einführung eines Endotrachealtubus geübt werden kann.

Die bekannten Geräte eignen sich nur zur Demonstration der kontrollierten Beatmung und der Auswirkungen von Compliance- und Resistance-Veränderungen auf die Atemdruckkurven. Eine Vorführung der Spontanatmung und der Beatmungsmischformen, deren Verständnis im allgemeinen auf große Schwierigkeiten stößt, ist nicht möglich, da mit der Handbetätigung der Lungenflügel (Beatmungsbälge) keine definierten Atemmuster erzeugt werden können.

Es hat sich gezeigt, daß die Einführung neuer Geräte in den medizinischen Bereich nicht nur positive Seiten in Bezug auf neue Möglichkeiten der Diagnostik und Therapie bieten, sondern auch erhebliche Gefahren für die Sicherheit des Anwenders und Patienten mit sich bringen. An der Spitze stehen auf unrichtiger Handhabung von Geräten beruhende Unfälle. Ein weiterer großer Prozentsatz beruht auf unrichtiger Installierung und fehlender Instandhaltung.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, für die Ausbildung von Ärzten, Schwestern und Pflegepersonal einen At-

mungssimulator zu schaffen, mit dem die wesentlichsten Funktionsmerkmale der Atemwege und der Lunge, der unterschiedlichen Spontanatmungs- und Beatmungsformen, der Beeinflussung der Atemdruckkurve durch unterschiedliche Geräteeinstellungen und die Simulation möglicher Zwischenfälle dargestellt werden kann.

Ferner soll ein Vergleich verschiedener Beatmungsgeräte bei vorgegebenen Einstellungen sowie die Durchführung der technischen Vorbereitungen des Beatmungsgerätes vor und nach Patientenanschluß simuliert werden können.

Diese Aufgabe wird nach der Erfindung durch einen Atmungssimulator gelöst, der im wesentlichen gekennzeichnet ist durch einen Intubationstrainer mit künstlicher Lufröhre und Bronchialansätzen, einem mit dem Intubationstrainer verbundenen, wahlweise antreibbaren Lungensimulator, einem Bedienungspult mit Vakuum-, Druckluft-, O<sub>2</sub>-, N<sub>2</sub>O-, Gaseingangsstufen und einem Stromanschluß, sowie wahlweise einstellbaren und abstellbaren Vakuum-, Druckluft-, O<sub>2</sub>-, N<sub>2</sub>O- und Strom-Ausgänge für einen anschaltbaren Respirator sowie durch Steuermittel zur Einstellung des Atemhubvolumens, der Atemfrequenz und des Verhältnisses Inspiration- zu Expirationszeit.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung eines Atmungssimulators kann eine physiologische Spontanatmung mit Variation der Atemparameter, Atemhubvolumen, Frequenz und Verhältnis Inspirations- zu Expirationszeit durchgeführt werden, sowie eine Darstellung der gebräuchlichsten Beatmungs- und Beatmungsmischformen, wie beispielsweise kontrollierte, assistierte Beatmung, intermittierende, zwangsweise Beatmung (IMV), synchronisierte intermittierende, zwangsweise Beatmung (SIMV), ferner CPAP-Beatmung, Gegenatmung gegen kontrollierte Beatmung, Husten und assistierte Beatmung von Hand.

Auch ist es möglich, einen Patientenanschluß (Maskenbeatmung, Intubation und Extubation) durchzuführen. 3049583

Besonders vorteilhaft ist es, daß Notfallsituationen, wie Stromausfall, Sauerstoffausfall (Lachgassperre), Lachgasausfall, Preßluftausfall, unbeabsichtigtes Lösen von Steckverbindungen sowie Ausfall der Spontanatmung bei CPAP-Atmung nachgebildet werden können. Dadurch wird es möglich, das Bedienungspersonal mit den jeweils notwendigen Gegenmaßnahmen übungsweise vertraut zu machen.

Nach einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung weist der Lungensimulator zwei Beatmungsbälge auf, die mittels einer, auf einem elastischen Auflager aufliegenden Traverse an einer Führungsstange geführt sind, wobei ein einstellbarer Antrieb für die Führungsstange vorgesehen ist, an deren Ende ein mit der Traverse über Federn verbundener Bügel befestigt ist und Einstellmittel für die Federspannung an der Führungsstange angeordnet sind.

Durch die einstellbaren Federmittel ist es möglich, eine definierte stufenlose Complianceveränderung durchzuführen.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist es zur realitätsnahen Simulierung der Beatmungsvorgänge bzw. Thorax-Bewegungen vorteilhaft, wenn den Beatmungsbälgen voneinander unabhängig betätigbare Zylinder-Kolbenanordnungen zugeordnet sind, deren Kolben wahlweise in Hülsen der Beatmungsbälge eingreifen.

Dadurch ist es möglich, wahlweise einen beliebigen der beiden Beatmungsbälge oder beide gemeinsam mit der Führungsstange in Wirkverbindung zu bringen. Um die verschiedenen Beatmungs- und Beatmungsmischformen darzustellen, ist es ferner vorteilhaft, wenn ein Umsteuermittel für die Bewegungsrichtung des Antriebsmittels für die Führungsstange des Lungensimulators vorgesehen ist.

Nach einer weiteren Ausbildung ist es vorteilhaft, daß zur Umschaltung des Umsteuermittels Vorwahlschalter für ein Inspirationszeitglied und Exspirationszeitglied dienen.

Um eine CPAP-Atmung nachzubilden zu können, ist es zweckmäßig, wenn im Bewegungsweg der Führungsstange frei verstellbar angeordnete Endabschalter zur Umschaltung des Umsteuermittels vorgesehen sind.

Insbesondere zur Nachbildung der Spontanatmung sind nach einem weiteren Merkmal der Erfindung wahlweise einstellbare Drossellemente zur wahlweisen Einstellung der Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit der Führungsstange vorgesehen.

Um eine Notfallsituation darzustellen, die durch Undichtigkeit der Tubusmanschette in der Trachea entsteht, ist es, nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung, vorteilhaft, im Intubationstrainer ein einseitig wirkendes Betätigungslement mit einem an einem wahlweise verschiebbaren Element angeordneten Dorn vorzusehen, zur Beschädigung oder Zerstörung einer Blockermanschette eines in den Intubationstrainer eingeführten und fixierten Endotrachealtubus.

In noch weiterer Ausgestaltung der Erfindung, insbesondere zur Nachbildung einer Tubusverlegung durch Sekret, ist zweckmäßigerweise eine am Bronchialansatz des Intubationstrainers angeordnete Kanüle vorgesehen, die mit einer, ein künstliches Sekret aufnehmenden, Spritze verbunden ist und ein wahlweise auslösbares Betätigungslement für die Spritze zum schnellen Auspressen des Sekretes von der Spritze in die Trachea im Intubationstrainer.

Zur Nachbildung einer definierten stufenlosen Resistanceveränderung sind am Verbindungsschlauch zwischen den Bronchialästen des Intubationstrainers und den Beatmungsbälgen wahlweise betätigbare Ventilanordnungen und Drosseln vorgesehen.

Zur Erläuterung der Gaskonzentrationsmessung weist der erfindungsgemäße Atmungssimulator nach einer Weiterbildung zur Nachbildung der CO<sub>2</sub>-Produktion bzw. CO<sub>2</sub>-Anreicherung in der Expirationsluft eine CO<sub>2</sub>-Eingangsanordnung auf. Diese Eingangsanordnung besteht in vorteilhafter Weise aus einer CO<sub>2</sub>-Druckgasflasche, die über ein Druckreduzierventil und einem Durchflußmesser

sowie ein einstellbares Ventil mit den beiden Beatmungsbälgen des Lungensimulators verbunden ist.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung erfolgt die Steuerung des Simulators durch pneumatische Schaltelemente, beispielsweise Wegeventile als Steuermittel und Zylinder-Kolbenanordnungen als Stellmittel.

Wesentlich mehr Bedienungskomfort und Variationsmöglichkeiten, als durch pneumatisch gesteuerte Steuermittel und Stellmittel lassen sich dann erzielen, wenn in weiterer Ausgestaltung der Erfindung, als Steuermittel elektrische Schalter und als Stellmittel elektrische Servo- bzw. Schrittmotoren dienen.

Dadurch wird es auch möglich, länger dauernde Beatmungsabläufe, wie z.B. in der Langzeitbeatmung auf einer Intensivstation, durch frei oder fest programmierbare elektronische Steuerungen durchzuführen.

Auch können auf elektronischem Wege Compliance- und Resistanceveränderungen simuliert werden.

Zur Nachbildung der assistierten Beatmung werden die Lungenflügel wie bei der Spontanatmung angehoben. Durch den dabei entstehenden Unterdruck im Atemwegssystem wird das Beatmungsgerät angetriggert.

Zur Messung des Atemdruckverlaufes ist es, nach einer Weiterbildung des erfundungsgemäßen Atmungssimulators vorteilhaft, daß in den Bronchialästen des Intubationstrainers Drucksensoren vorgesehen sind.

Zur Vorführung des Atmungssimulators und der einzelnen Beatmungsformen sowie von Störfällen, vor einer größeren Mengen von auszubildenden Ärzten, Schwestern oder Pflegepersonal, ist es, nach noch weiterer Ausgestaltung der Erfindung, vorteilhaft, daß Sensoren zur Abnahme der Werte der Atmungsparameter, wie des Atemvolumens und der Atemfrequenz, und zur Wiedergabe dieser Parameter auf einem Anzeigegerät, vorgesehen sind.

- 11 -

Als Anzeigegerät für die Atmungsparameter kann in zweckmäßiger Weise ein Monitor dienen. Zur Dokumentation ist es vorteilhaft, einen Kurvenschreiber zur Aufzeichnung der Atmungsparameter zu verwenden.

Um zusätzlich zum Notfalltraining die Aufmerksamkeit der Ärzte und des Personals zu schulen und auf den Patienten zu lenken, sieht eine weitere Ausgestaltung der Erfindung vor, den Intubationstrainer mit zusätzlichen klinisch relevanten Indikatoren, wie beispielsweise die Hauttemperierung, Hautverfärbung und Feuchtigkeitsausscheidung im Stirnbereich auszustatten.

Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn im Intubationstrainer, in Abhängigkeit von den Atmungsparametern gesteuerte, Heizelemente zur Nachbildung der Hauttemperatur angeordnet sind.

Zur Nachbildung der Sauerstoffversorgung können, in weiterer Ausgestaltung der Erfindung, im Intubationstrainer, in Abhängigkeit von den Atmungsparametern einschaltbare und in ihrer Helligkeit gesteuerte Blaulichtlampen angeordnet sein.

Die Feuchtigkeitsausscheidung im Stirnbereich wird, gemäß weiterer Ausgestaltung der Erfindung, dadurch erzielt, daß im Stirnbereich des Intubationstrainers mit einem Flüssigkeitsbehälter verbundene und wahlweise mit Flüssigkeit speisbare, an der Oberfläche des Intubationstrainers endende, Kanäle vorgesehen sind.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden anhand der Zeichnung näher erläutert, die schematisch Ausführungsbeispiele darstellt. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Atmungssimulator in perspektivischer Darstellung,

Fig. 2 einen Querschnitt durch einen schematisch dargestellten Lungensimulator,

- 1/12

Fig. 3 einen Lungensimulator gemäß Fig. 2 in Verbindung mit Steuer-Schaltmitteln sowie Elementen zur Beschädigung der Blockermanschette und zum Verlegen des Tubus in der Trachea,

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel einer CO<sub>2</sub>-Simulation, und

Fig. 5 ein Blockschaltbild der Steuer- und Betätigungs-mittel des Atmungssimulators nach der Erfahrung.

In Fig. 1 ist ein erfundungsgemäßer Atmungssimulator mit angeschlossenem Respirator und Zusatzgeräten schematisch in Schrägblickansicht dargestellt.

Der Atmungssimulator besteht aus einem Intubationstrainer (Puppe) 1, in Nachbildung eines Menschen mit naturgetreuem Hals- Nasen- Rachen-Raum sowie Bronchialansätzen 2 und 3. Mit den Bronchialansätzen 2 und 3 verbunden ist ein Lungensimulator 4, der später noch eingehend beschrieben wird.

Zur Steuerung des Lungensimulators 4 und zur Nachbildung von Störfällen im Bereich der Versorgung eines Patienten bzw. eines zur Beatmung dienenden Respirators 16 ist ein Bedienungspult 5 vorgesehen.

Das Bedienungspult 5 weist Anschlüsse 7 für Vakuum, 8 für Druckluft, 9 für Sauerstoff, 10 für Lachgas (N<sub>2</sub>O) und 11' für Strom auf. Diese Anschlüsse können mit dem normalerweise in Krankenhäusern vorgesehenen Versorgungsnetz verbunden werden.

Andererseits weist das Bedienungspult 5 einen Vakuum-Ausgang 12, einen Druckluftausgang 13, einen Sauerstoffausgang 14 und einen Lachgasausgang 15, sowie einen Stromanschluß 11" auf. Die Ausgänge werden mit dem Respirator 16 verbunden. Im Schaltpult 5 sind Schaltmittel vorgesehen, um die einzelnen

13

Ausgänge zu drosseln oder abzuschalten, so daß Notfälle simuliert werden können. Die handelsüblichen Beatmungsgeräte oder Respiratoren 16 sind mit Signaleinrichtungen versehen, die bei Ausfall der Versorgung, beispielsweise an Sauerstoff oder Lachgas oder Stromunterbrechung Alarmsignale auslösen.

Der Lungensimulator 4 ist mit zwei Lungenflügeln nachbildende Beatmungsbälgen 21 und 22 versehen.

Vom Respirator 16 gehen in an sich bekannter Weise ein Einatmungsschlauch 69 und ein Ausatmungsschlauch 68 an ein Y-Stück 70, an das ein Konnektor 71 mit Endotrachealtubus 45 angeschlossen ist.

An der Trachea im Intubationstrainer 1 ist ein Bedienungselement 41 mit einem verschiebbaren Element 42 angebracht, welches einen Dorn 43 aufweist, der in eine Blockermanschette des Endotrachealtubus 45 einstechen kann.

In den Bronchialansätzen 2 und 3 sind Sensoren bzw. Atem-Parameter-Sensoren 57 und 58 angeordnet, die mit einem Anzeigeelement 59, beispielsweise einem Monitor oder einem x-t-Schreiber, zur Anzeige der Atmungsparameter verbunden sind.

Im Kopf des Intubationstrainers können Heizelemente 60 vorgesehen sein, die mit einer Heizelemente-Steuерung 61 verbunden sind. Ferner können Blaulichtlampen 62 angeordnet sein, die ihrerseits mit einer Blaulichtlampen-Steuерung 63 in Verbindung stehen.

Schließlich können noch an der Oberfläche des Kopfes des Intubationstrainers 1 mündende Flüssigkeitskanäle 64 vorgesehen sein, die über Flüssigkeitsteuermittel 66 mit einem Flüssigkeitsbehälter 65 in Verbindung stehen.

Für die gesamte Versorgung des Atmungssimulators ist ein Netzschalter 67 vorgesehen, während die einzelnen Gasanschlüsse jeweils getrennt regulierbar sind.

Zur Nachbildung der einzelnen Beatmungsarten und Atmungsmuster dienen Wahlschalter 75 bis 82, denen Schaltzustandslampen 74<sub>1</sub> bis 74<sub>8</sub> zugeordnet sind.

In Fig. 2 ist ein Ausführungsbeispiel eines Atmungssimulator mit pneumatisch angetriebenen Beatmungsbälgen 21 und 22 dargestellt.

Als Antrieb für die mit einer Traverse 23 verbundenen Beatmungsbälge 21 und 22, die beispielsweise den linken Thorax und den rechten Thorax nachbilden, dient ein Kolbenantrieb 24, über den eine Führungsstange 26 kontrolliert auf- und ab bewegt werden kann. Nähtere Einzelheiten der Steuerung werden später noch erläutert.

Bei einem vereinfachten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind die Beatmungsbälge 21 und 22 mit der Traverse 23 fest verbunden, bei diesem Ausführungsbeispiel werden die beiden Beatmungsbälge 21 und 22 stets in gleicher Weise betätigt.

Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Beatmungsbälge 21, 22, unabhängig voneinander betätigbar. Dies wird dadurch erreicht, daß jedem einzelnen Beatmungsbalg 21 bzw. 22 voneinander unabhängige, Zylinder-Kolben-Anordnungen 24L bzw. 24R zugeordnet sind.

Die Beatmungsbälge 21, 22 weisen Hülsen 21A bzw. 22A auf. Bei Betätigung der Zylinder-Kolbenanordnung 24L bzw. 24R fährt der zugeordnete Kolben aus und greift in die zugeordnete Hülse 21A bzw. 22A des entsprechenden Beatmungsbalg 21 bzw. 22 ein. Dadurch ist es möglich, wahlweise entweder nur den linken Beatmungsbalg 21 oder nur den rechten Beatmungsbalg 22 oder aber auch beide gleichzeitig zu betätigen.

Die Traverse 23 ruht auf einem elastischen Auflager 25 auf, das mit der Führungsstange 26 verbunden ist. Am oberen Ende 33 der Führungsstange 26 ist über eine Stelleinrichtung, bestehend aus Stellmuttern 30 und 31 an einem Gewinde 32, ein Bügel 27 angebracht. Der Bügel 27 steht über Federmittel 28 und 29 mit der frei bewegbaren Traverse 23 in Verbindung. Die Federmittel 28 und 29 dienen dabei der Nachbildung der Compliance. Durch eine entsprechende Verstellung der Muttern 30 und 31 lässt sich eine stufenlose Änderung der Compliance nachbilden.

Die beiden Beatmungsbälge 21 und 22 (Lungenflügel) sind über kurze großlumige Schläuche mit den Bronchialansätzen 2 und 3 des Intubationstrainers 1 verbunden.

Mit dem dargestellten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 lassen sich drei verschiedene Bewegungsmöglichkeiten der Lungenflügel simulieren, nämlich

- K 16

1. eine Zwangsführung für die Spontanatmung ,
2. eine freie Bewegung für die kontrollierte Beatmung,  
und
3. eine Kombination der erstgenannten Bewegungen für  
die Mischformen der Beatmung.

Bei der Spontanatmung muß die zwangsweise Bewegung derart durchgeführt werden, daß der Druckverlauf im Atemwegssystem des Intubationstrainers 1 annähernd physiologisch ist. Das heißt, durch die Saugwirkung und Pumpwirkung der hin und her bewegten Beatmungsbälge 21 und 22 muß sich in der Inspiration ein Unterdruck und in der Expiration ein geringer Überdruck erzeugen lassen. Weiterhin muß die Atemfrequenz und das Atemzugvolumen variabel sein.

Bei einer kontrollierten Beatmung müssen sich die Beatmungsbälge (Lungenflügel) 21, 22 in Abhängigkeit von am Respirator 16 eingestellten Parameter frei bewegen können, wobei die Dehnbarkeit der Lunge (Compliance) den Druckverlauf maßgeblich bestimmt und somit berücksichtigt werden muß.

Bei der assistierten Beatmung muß im Atemwegs- und Patientenschlauchsystem (Endotrachealtubus 45) ein durch eine Triggerschwelle des Respirators 16 vorgegebener Unterdruck erzeugt werden, der am Beatmungsgerät die Abgabe des eingestellten Atemhubvolumens auslöst. Dies bedeutet, daß die Beatmungsbälge 21, 22 zunächst eine Eigenbewegung, nach dem An sprechen des Respirators 16 jedoch eine von der Respiratoreinstellung abhängige Bewegung ausführen müssen.

Die SIMV-Beatmung ist eine Mischung aus Spontanatmung und assistierter Beatmung. Hierbei wird die mehr oder weniger schwache Spontanatmung eines Patienten durch einen vom Respirator 16 synchron mit den Atembemühungen des Patienten verabreichten Atemhub unterstützt.

Bei der Spontanatmung des Simulators wird das Ausfahren (Inspiration) und das Einfahren (Expiration) des Kolbens 24 über die Traverse 23, die auf dem elastischen Auflager 25 aufliegt, auf die beiden Lungenflügel 21 und 22 übertragen. Eine Einstellung der Compliance wird bei der Spontanatmung nicht benötigt, da die Geschwindigkeit des Kolbens 24 variiert werden kann.

Bei einer kontrollierten Beatmung wird der Kolben 24 ganz eingefahren und bleibt in Ruhe. Die Bälge 21 und 22 können sich, da zwischen dem Auflager 25 und der Traverse 23 keine feste Verbindung besteht, abhängig von dem am Respirator 16 eingesetzten Atmungsparameter nach oben bewegen. Die Federn 28,29, welche über den Bügel 23 und die Führungsstange 26 am Auflager 25 geführt sind, ergeben die Compliance der simulierten Lunge. Die Federvorspannung und somit die Compliance kann, wie vorstehend erläutert, mit Hilfe der Mutter 30 und 31 stufenlos verstellt werden.

Bei der assistierten Beatmung fährt der Kolben 24 nur wenig aus seiner Ruhelage, so daß die Beatmungsbälge 21 und 22 wie bei der Spontanatmung, angehoben werden. Der dabei entstehende Unterdruck im Atemwegssystem triggert den Respirator 16 an und löst einen maschinellen Atemhub aus. Der Kolben 24 verharrt während der Inspiration in einer, durch später erläuterte Endabschalter 38, festgelegten Lage und fährt dann in die Ruhelage zurück. Während des maschinellen Atemhubes bewegen sich die Beatmungsbälge (Lungenflügel) 21 und 22 weiter nach oben, wobei die Federkräfte der Federn 28 und 29 durch den Arbeitsdruck des Respirators überwunden werden müssen.

In Fig. 3 ist ein Blockschaltbild einer pneumatischen Steuerung dargestellt.

In an sich bekannter Weise wird aus Flaschen oder einer zentralen Gasversorgungsanlage entnommene Druckluft auf einen Steuerdruck von 3 bar bis 4 bar heruntergeregt. Ein Impulsventil Umschaltventil-Inspiration/Expiration 34 bewirkt die Umsteuerung der Bewegungsrichtung des Kolbens 24, wobei der Kolbenvorlauf gleichbedeutend mit der Inspiration ist. Eine Umschaltung des Ventiles 34 kann je nach Stellung von zugehörigen Vorwahlschaltern, die später näher erläutert werden, über Zeitglieder 35 für die Inspiration und 36 für die Expiration über frei verschiebbliche Endabschalter 37 und 38 oder über mit den Endabschaltern gekoppelte Zeitglieder 35 und 36 erfolgen. Mit den Zeitgliedern 35 und 36 kann jeweils die Gesamtdauer der Inspirations- und Expirations-Phase begrenzt werden. Die Endabschalter 37 und 38 legen bei der Spontanatmung des Atemzugvolumens oder bei der assistierten Beatmung den Unterdruck im Patientensystem fest.

In den Steuerventilen bzw. Drosseln 39 und 40 für die Inspirations- bzw. Expirationsgeschwindigkeit sind je zwei Drosselglieder parallel angeordnet, mit denen die Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit des Kolbens 24 geregelt wird. Die Drosseln können über Ein-Aus-Schalter, die später in Zusammenhang in Fig. 5 näher erläutert werden, angewählt werden. Durch die parallele Anordnung dieser Steuerlemente lassen sich für den normalen Übungsbetrieb je zwei Vor- und Rücklaufgeschwindigkeiten einstellen. Für Gerätetests kann die Wirkung der Drosseln 39, 40 über Einstellschrauben am Bedienungspult 5 beliebig reguliert werden. Die Drosselung erfolgt jeweils in der Ausgangsseite des Zylinders des Antriebs 24.

Zusätzlich sind an das System noch angeschlossen ein Betätigungsselement 41 mit einem verschiebbaren Element 42, an dessen Ende ein Dorn 43 vorgesehen ist. Der Dorn 43 dient der wahlweisen Beschädigung der Tubusmanschette bzw. zur Zerstörung dieser Manschette. Die Betätigung des Betätigungs-elementes 41 erfolgt über ein Schaltelement 44.

- 19 -

Über ein Schaltelement 49 kann ein Betätigungsselement 48 ausgelöst werden, welches aus einer Spritze 47 das Sekret über ein Kanüle 46 in die Trachea spritzen kann. Dadurch wird der Tubus durch Sekret verlegt und am angeschlossenen Respirator 16 werden entsprechende Alarmsignale ausgelöst.

Die Vorrichtung zur Beschädigung der Blockermanschette kann durch mehrfache Betätigung zur völligen Zerstörung der Manschette des in der Trachea fixierten Tubus verwendet werden. Wie bereits erläutert, wird durch die daraufhin erfolgende Druck- und Volumenabnahme im Patientensystem das Alarmsystem des angeschlossenen Respirators 16, sofern dieses richtig eingesellt ist, ausgelöst, worauf eine optische und/oder akustische Anzeige erfolgt.

Die Vorrichtung zum Verlegen des Tubus in der Trachea mit Sekret 46 bis 49 dient zur Einspritzung eines sehr viskosen Fluides in den geblockten Tubus über eine großblumige Kanüle 46, die an der Bifurkation der Bronchialansätze 2 und 3 zentralisch in die Trachea hineinragt.

Sowohl die Manschettenbeschädigung als auch die Sekretverlegung können, wie später erläutert wird, unauffällig am Bedienungspult 5 ausgelöst werden.

In Fig. 4 ist eine Weiterbildung des erfundungsgemäßen Atmungs-simulators dargestellt, mit der sich die  $\text{CO}_2$ -Produktion bzw. Anreicherung in der Expirationsluft nachbilden lässt. Die  $\text{CO}_2$ -Einspeisung erfolgt aus einer Druckgasflasche 53 über ein Druck-reduzierventil 54. In die Leitung ist ein Durchflußmesser 55, beispielsweise ein Schwebekörperdurchflußmesser, angeordnet sowie ein Pneumatikventil 56.

Am Durchflußmesser 55 wird ein sich aus dem am Simulator eingestellten Atemhubvolumen und einer physiologischen  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Expirationsluft ergebender  $\text{CO}_2$ -Volumen-

- 20

strom eingestellt. Der  $\text{CO}_2$ -Volumenstrom wird kontinuierlich über entsprechende Rohre in die Beatmungsbälge 21, 22 geleitet. Durch die Bewegung der Beatmungsbälge 21, 22 in der Inspirations- und Expirationsphase wird eine gute Durchmischung mit der über den Tubus 45 zugespeisten Frischgasmenge erreicht.

Anhand des Schaltschemas gemäß Fig. 5 wird nunmehr Aufbau, Bedienungs- und Wirkungsweise des Bedienungspults 5 näher erläutert.

Mit dem Bedienungspult 5 läßt sich die pneumatische Steuerung der Bewegung des Kolbens 24, die Medienversorgung des Simulators und eines jeweils eingesetzten Respirators 16 sowie die Bedienung der Vorrichtung zur Manschettenbeschädigung 41 bis 44 und der Vorrichtung zur Nachbildung der Sekretverlegung 46 bis 49 durchführen.

Zur Inbetriebnahme des gesamten Atmungssimulators dient ein Ein-/Aus-Schalter 72, dem eine Betriebslampe 73 zugeordnet ist. Vor dem Start des Atmungssimulators sind bestimmte Vorwahlen an den Wahlschaltern 75 bis 82 durchzuführen. Jedem Wahlschalter ist eine Schaltzustandslampe 74<sub>1</sub> bis 74<sub>8</sub> zugeordnet.

Bei Betätigung des Wahlschalters 75 wird beispielsweise nur der linke Thoraxteil, nämlich der Beatmungsbalg 21 betätigt.

Durch den Wahlschalter 76 läßt sich der rechte Thoraxteil, nämlich der Beatmungsbalg 22, aktivieren. Wenn sowohl Wahlschalter 75 als auch Wahlschalter 76 auf "Ein" geschaltet ist, werden beide Thoraxteile vom Antrieb 24 beaufschlagt.

Mit dem Wahlschalter 77 wird das Ausfahren des Kolbens des Betätigungsselementes 24 ermöglicht. Es muß jedoch in diesem Fall entweder der Wahlschalter 79 oder der Wahlschalter 80 auf "Ein" geschaltet sein.

Ein weiterer Wahlschalter 78 dient ebenfalls zum Ausfahren des Kolbens des Antriebs 24, wobei auch hier ebenfalls der Wahlschalter 79 oder der Wahlschalter 78 auf "Ein" geschaltet sein muß.

Der Wahlschalter 79 steuert das Einfahren des Kolbens im Antrieb 24. Gleichzeitig muß dazu entweder der Wahlschalter 77 oder der Wahlschalter 80 auf "Ein"-Stellung sein.

In analoger Weise dient auch der Wahlschalter 80 zum Einfahren des Kolbens des Antriebs 24, wobei auch in diesem Fall gleichzeitig Wahlschalter 77 oder Wahlschalter 78 auf "Ein" geschaltet sein muß.

Der Wahlschalter 81 ermöglicht die Einstellung verschiedenartiger Verfahrensabläufe. Bei der Stellung "Aus" läuft mit Beginn des Vorlaufes des Kolbens des Antriebs 24 eine Zeit  $t_1$  (0,025 bis 10 Sekunden) an, die zusammen mit der Vorlaufgeschwindigkeit ein Rückfahren des Kolbens schon vor dem Hubende (bei kurzer Zeiteinstellung) oder ein Stillstand in ausgefahrener Stellung - bei ganz aufgezogenem Beatmungshalb 21 bzw. 22 (bei längerer Zeiteinstellung) ergibt.

In der Stellung "Ein" läuft die Zeit  $t_1$  erst dann an, wenn der einstellbare Endschalter 38 angefahren ist. Bei einer gewählten Zeit  $t_1 = 0$  erfolgt ein sofortiger Rücklauf des Kolbens des Antriebs 24.

Auch der Wahlschalter 82 ermöglicht verschiedene Verfahrensweisen nämlich in der Stellung "Aus" läuft mit dem Rücklauf des Kolbens des Antriebs 24 eine Zeit  $t_2$  (0,025 bis 10 Sekunden)

an, die zusammen mit der Rücklaufgeschwindigkeit einen Vorlaufbeginn schon vor dem Hubende (kurze Zeiteinstellung) oder einen Stillstand in eingefahrener Kolbenstellung - bei ganz entlastetem Thorax - (längere Zeiteinstellung) ergibt.

In der Schaltstellung "Ein" läuft die Zeit  $t_2$  erst dann an, wenn ein eingestellter bzw. frei verschiebbarer Endschalter 37 angefahren ist. Bei einer eingestellten Zeit  $t_2 = 0$  erfolgt der sofortige Kolbenvorlauf.

Durch geeignete Einstellung der Wahlschalter 75 bis 82 lassen sich die verschiedenen Beatmungsarten einstellen. Beispielsweise kann durch Betätigung der Wahlschalter 75 und 76 wahrschließlich der linke Beatmungsbalg 21 oder der rechte Beatmungsbalg 22 oder beide Beatmungsbälge zusammen bewegt werden, in dem entweder die Zylinderkolbenanordnung 24L oder die Zylinderkolbenanordnung 24R oder beide gleichzeitig beaufschlagt werden.

Durch entsprechende Betätigung der Wahlschalter 79 oder 80 können zwei unterschiedliche Vorlaufgeschwindigkeiten für den Antrieb 24 ausgewählt werden. Desgleichen können durch Betätigung der Wahlschalter 77 und 78 zwei unterschiedlich gewählte Rücklaufgeschwindigkeiten eingestellt werden. Mit dem Wahlschalter 81 und dem Zeitglied 35 kann bewirkt werden, daß der Antrieb 24 in ausgefahrener Stellung rein zeitabhängig zurücksteuert und zwar endschalterlos. Bei der Stellung des Wahlschalters 81 in Schaltstellung "Aus" oder über verschiebbare Endabschalter 38 das Zeitglied 35, wobei der Antrieb 34 in entsprechender Stellung blockiert wird, bei der Wahlschalterstellung "Ein".

Bei der Schalterstellung "Aus" des Wahlschalters 82 steuert der Antrieb 24 in eingefahrener Stellung rein zeitabhängig (Zeitglied 36) endschalterlos wieder auf Vorlauf oder bei Schaltstellung "Ein" über den frei einstellbaren verschreibbaren Endschalter 37 und das Zeitglied 36, wobei der Kolben des Antriebs 24 ganz einfährt.

Von der Grundeinstellung aus können die Geschwindigkeiten stufenlos verändert werden. Ebenfalls die Zeiten  $t_1$  und  $t_2$ , sowie die Lage der Endschalter 37 bzw. 38.

Sämtliche Kombinationen der vorbeschriebenen Zustände sind beim Aus- und Einfahren des Kolbens des Antriebs 24 möglich. Einzige Bedingung dabei ist, daß der Antrieb 24 be- und entlüftbar sein muß.

Vom Bedienungspult 5 aus können auch, wie bereits erläutert, die Antriebe 41 und 48 für die Manschettenbeschädigung und die Sekreteinspritzung ausgelöst werden.

Die in Fig. 5 schematisch dargestellte Schaltung kann entweder mit pneumatischen Schalt- und Stellmitteln ausgeführt sein, wie Wegeventilen, Zylinder -Kolbenanordnungen und dergleichen oder aber auch durch elektronische Schaltelemente, die in analoger Weise miteinander verknüpft sind, wie in Fig. 5 schematisch angegeben.

Im Bedienungspult 5 können ferner Auslösemittel für eine Heizelmente-Steuерung 61, eine Blaulichtlampensteuerung 63 und/oder Flüssigkeitssteuermittel 66 vorgesehen sein. Es ist aber auch möglich, diese Steuermittel in Abhängigkeit von den Atmungsparametern, die durch die Sensoren 57 bzw. 58 im Atemweg des Intubationstrainers 1 abgefühlt werden, zu betätigen.

Neben der Fachausbildung von Anaesthesiearzten und Anaesthetikerperso-nal kann mit dem erfundungsgemäßen Atmungssimulator auch eine Aus- und Weiterbildung der Besatzung von Notarztwagen sowie von Notärzten durchgeführt werden.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Sie umfaßt auch alle fach-männischen Abwandlungen und Weiterbildungen sowie Teil- und Unterkombinationen einzelner Merkmale und Maßnahmen.

Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

30 49 583  
G 09 B 23/32

31. Dezember 1980  
22. Juli 1982

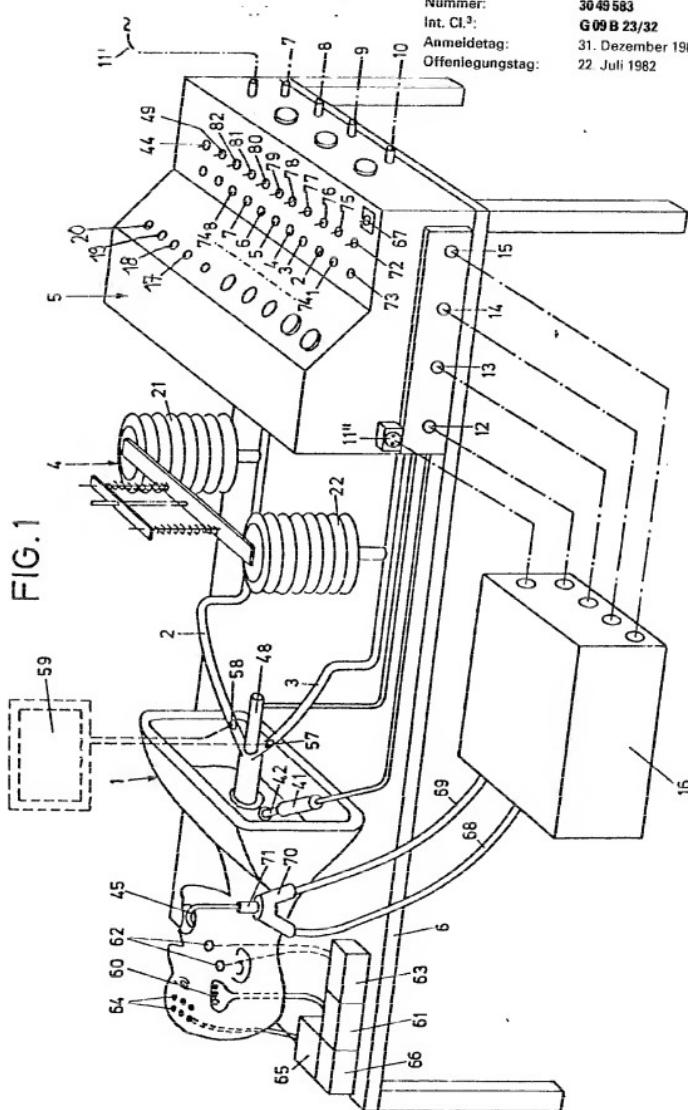


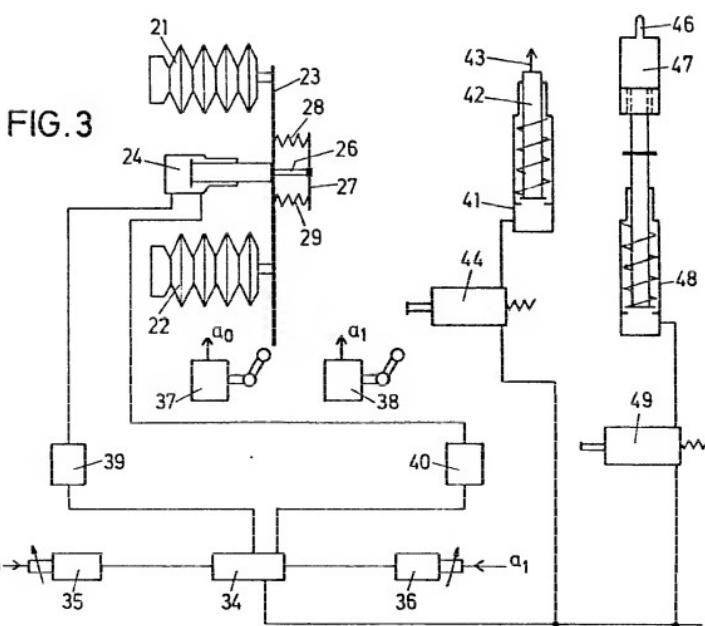
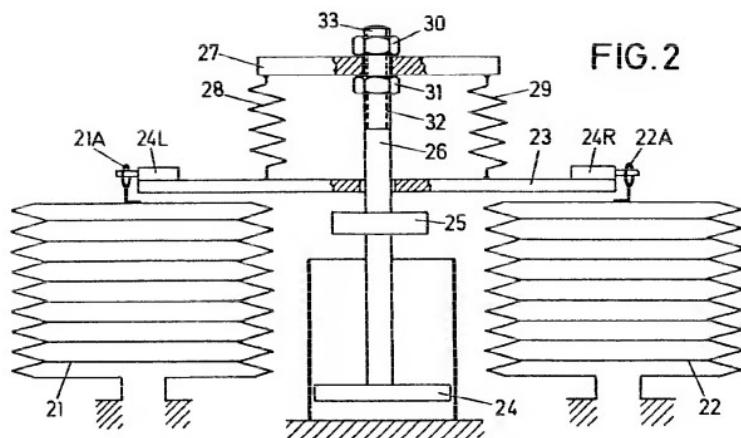
FIG. 1

1	Intubationstrainer (Puppe)	37	Endabschalter ( $a_0$ )
2	Bronchialansatz (-ast)	38	Endabschalter ( $a_1$ )
3	Bronchialansatz (-ast)	39	Drossel für Inspirationsgeschwindigkeit
4	Lungensimulator	40	Drossel für Expirationsgeschwindigkeit
5	Bedienungspult	41	Betätigungslement
6	Grundplatte ( z.B. Tisch)	42	verschiebbares Element
7	Vakuum-Eingang	43	Dorn
8	Druckluft-Eingang	44	Schaltelment für 41
9	Sauerstoff ( $O_2$ )-Eingang	45	Endotrachealtubus
10	Lachgas ( $N_2O$ )-Eingang	46	Kanüle
11 <sup>1</sup> , 11 <sup>11</sup>	Stromanschluß	47	Spritze
12	Vakuum-Ausgang	48	Betätigungslement für 47
13	Druckluft-Ausgang	49	Schaltelment für 48
14	$O_2$ -Ausgang	50	Verbindungsschlauch (Intub.-Trainer-Balg)
15	$N_2O$ -Ausgang	51	Atemdruckventil
16	Respirator (Beatmungsgerät)	52	$CO_2$ -Einspeisungsanordnung
17	Atemhubvolumen-Schalter	53	$CO_2$ -Druckgasflasche
18	Atemfrequenz-Schalter	54	Druckreduzierventil
19	Inspirations-Zeit-Wahlschalter	55	Durchflußmesser
20	Expirations-Zeit-Wahlschalter	56	Rückschlagventil
21	linker Beatmungsbalg (Lungenflügel-Thorax)	57	Drucksensor
21 A	Üse links	58	Sensoren
22	rechter Beatmungsbalg (Lungenflügel-Thorax)	59	Anzeigeelement
22 A	Üse rechts	60	Heizelemente
23	Traverse	61	Heizelemente-Steuierung
24	Antrieb (pneumatischer Kolben)	62	Blaulichtlampe
24 L	Zylinder-Kolben-Anordnung links	63	Blaulichtlampen-Steuierung
24 R	Zylinder-Kolben-Anordnung rechts	64	Flüssigkeitskanäle
25	elastisches Auflager	65	Flüssigkeitsbehälter
26	Führungsstange	66	Flüssigkeits-Steuermittel
27	Bügel	67	Netzschalter
28	Feder	68	Ausatemschlauch
29	Feder	69	Einatemschlauch
30	Stellmutter	70	Y-Stück
31	Stellmutter	71	Konnektor
32	Gewinde an 26	72	E/A - Schalter
33	Ende von 26	73	Betriebslampe
34	Umsteuermittel Inspiration ./ Expiration		
35	Vorwahlschalter für Inspirationszeit $t_1$		
36	Vorwahlschalter für Expirationszeit $t_2$		

- 74 Schaltzustandslampen ("Ein")
- 75 Wahlschalter linker Thorax
- 76 Wahlschalter rechter Thorax
- 77 Wahlschalter Ausfahren 26
- 78 Wahlschalter Ausfahren 26
- 79 Wahlschalter Einfahren 26
- 80 Wahlschalter Einfahren 26
- 81 Wahlschalter  $t_1$
- 82 Wahlschalter  $t_2$

27.

Leerseite



37. 12. 80

- 29 -

3049583

FIG. 4

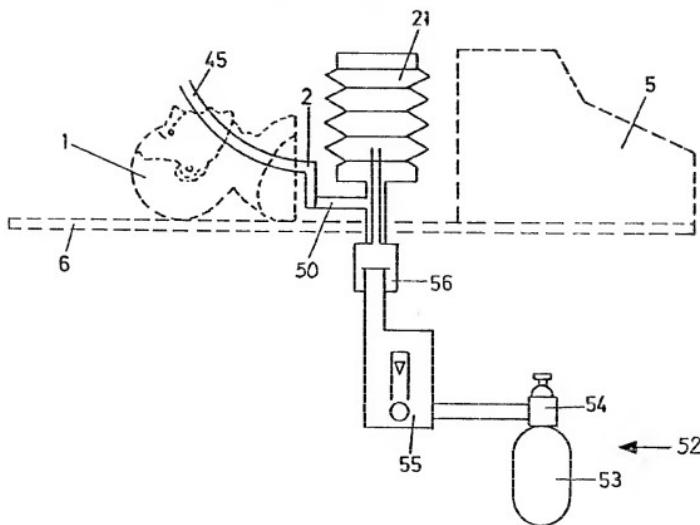


FIG. 5

